

# PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE REQUISITOS AMBIENTAIS NO PROCESSO DE PROJETO DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO

PROPOSAL FOR ELICITATION AND ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS INTO THE CONSTRUCTION DESIGN PROCESS: A CASE STUDY

 10.4237/gtp.v1i1.108

Camila PEGORARO,  
PPGEP – UFRGS  
|camila\_pegoraro@yahoo.com.br|

Tarcísio Abreu SAURIN,  
Professor adjunto III da Universidade Federal do Rio Grande do Sul no Departamento de Engenharia de Produção e Transportes.  
|saurin@ufrgs.br|  
|http://lattes.cnpq.br/5962864088565037|

Istefani Carísio de PAULA  
Professor adjunto nível 1 da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRGS  
|istefani@producao.ufrgs.br|  
|http://lattes.cnpq.br/5517312400442367|

## RESUMO

**Proposta:** Os requisitos ambientais, enquanto demandas emergentes do desenvolvimento sustentável, surgem como mais um desafio na gestão do processo de projeto de edifícios. Tradicionalmente expostas a uma série de dificuldades gerenciais, as empresas que desenvolvem estes projetos vêem-se diante de uma nova oferta de demandas, e carecem de meios para incluí-las no processo de projeto de forma organizada e alinhada aos objetivos do seu negócio.

**Método de pesquisa/Abordagens:** Este artigo é baseado em um estudo de caso realizado em uma construtora, por meio de entrevistas e análise documental, e tem por objetivo propor um procedimento, baseado na gestão de requisitos (GR), para a identificação, organização e análise dos requisitos ambientais de um empreendimento.

**Resultados:** Entre os resultados, foi constatado que a GR é uma abordagem adequada para a integração dos requisitos ambientais ao processo de projeto e que, para serem efetivamente considerados e atendidos, as empresas devem emitir orientações desde o planejamento estratégico.

**Contribuições/Originalidade:** Outra contribuição é a proposta de um procedimento para a modelagem dos requisitos ambientais ao longo do processo de projeto.

**Palavras-chave:** Processo de projeto, Gestão de Requisitos, Requisitos ambientais, Construção Civil

## ABSTRACT

**Proposal:** As new demands from sustainable development, environmental requirements arise as another challenge to design process management. It is already known that companies which design buildings are usually exposed to many managerial difficulties. Faced to the environmental demands, these companies require new facilities to align environmental requirements to the business goals and to include them properly in design process. This paper is based on a case study in a construction company, which was developed through interviews and document analysis. It is intended to present a procedure for the project environmental requirements elicitation, organization and analysis, which is based on the requirements engineering (ER) concepts. As results it was concluded that the ER concepts are useful for the environmental requirements integration into the design process and that

strategic planning should give directions for the effective environmental requirements adherence. Moreover, a procedure for environmental requirements modeling is proposed.

**Key-words:** Design process, Requirements management, Environmental requirements, Construction

## 1. INTRODUÇÃO

Para oferecer à sociedade o espaço construído para a realização de suas principais atividades, como habitação, trabalho, educação e lazer, o setor da construção civil tem o suporte de uma extensa cadeia de suprimentos. Tal cadeia envolve elevado consumo de materiais e energia, contribuindo para gerar poluição, resíduos e ocupação do solo, fazendo da construção civil um dos setores industriais que mais provoca impactos negativos no meio ambiente (ZAMBRANO, 2008; OTHMAN, 2009).

A partir da década de 90, países como Reino Unido, Japão e Estados Unidos, preocupados com os efeitos de longo prazo das atividades da construção civil, passaram a enfatizar pesquisas ligadas à dimensão ambiental da sustentabilidade (COLE, 2005). Como resultado, surgiram sistemas de avaliação e certificação ambiental de edifícios, tais como o *Leadership in Energy and Environment Design* (LEED®), *Haute Qualité Environnementale* (HQE), *BRE Environmental Assessment Method* (BREEAM), *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (CASBEE), dentre outros. Estes sistemas, embora tenham sido desenvolvidos com métodos variados e em países com diferentes contextos ambientais, sociais e econômicos, têm a finalidade comum de prestar apoio ao desenvolvimento de edifícios ambientalmente mais sustentáveis (SILVA; SILVA e AGOPYAN, 2003; COLE, 2005).

No Brasil, atualmente existem relatos de sistemas de certificação de edifícios sendo utilizados na construção civil (SILVA; SILVA e AGOPYAN, 2003; NEGREIROS, 2009), como o LEED®. Além disso, normas de cumprimento obrigatório, por exemplo, Resolução CONAMA n°307 (BRASIL, 2002), e não obrigatório, por exemplo, NBR ISO 14001 (ABNT, 2004), também têm enfatizado o desenvolvimento sustentável na construção civil, sugerindo ações e impondo limites aos impactos ambientais desse setor. Assim, as pressões da legislação, além das demandas de uma sociedade que, aos poucos, desperta para desenvolvimento sustentável, têm levado muitas empresas construtoras a procurar formas para

adequar suas estratégias, seus sistemas de gestão, seus processos e seus produtos a este novo paradigma (MOTTA e AGUILAR, 2009).

Neste sentido, estudos indicam que a consideração dos requisitos ambientais desde o início do processo de projeto é uma iniciativa que não só permite um melhor planejamento ambiental de todo o ciclo de vida da edificação (MOTTA e AGUILAR, 2009), mas também facilita a organização da empresa para que outros objetivos, como os econômicos, sejam menos afetados (KATS, 2008; JACOMIT; GRANJA e SILVA, 2009). Como uma alternativa para a efetiva consideração de tais requisitos, esta pesquisa apresenta a gestão de requisitos (GR), uma disciplina que busca identificar, analisar, priorizar, especificar e validar os requisitos, além de controlar as suas mudanças ao longo do desenvolvimento do projeto (LEFFINGWELL e WIDRIG, 2000; SOMMERVILLE, 2007).

Embora a GR tenha sido já bastante discutida no âmbito da construção civil (BARRET e STANLEY, 1999; KAMARA; ANUMBA e EVBUOMWAN, 2002; SHEN et al, 2004; HUOVILA, 2005; MIRON, 2002, entre outros), algumas vezes sob o termo *briefing*, sente-se falta da proposição de formas para sua integração ao desenvolvimento dos projetos. Por isso neste artigo são adotados princípios e métodos da GR originalmente desenvolvidos na engenharia de *software* (LEFFINGWELL e WIDRIG, 2000; SOMMERVILLE, 2007; BRAY, 2002; WIEGERS, 2003), os quais são reinterpretados no contexto da construção civil. Apesar de *softwares* serem produtos significativamente diferentes de edifícios, devido a fatores como menor tempo de desenvolvimento, menor quantidade de intervenientes, maior facilidade de realização de testes, há entre eles uma característica comum e importante relacionada a requisitos: ambos são produtos únicos (portanto, com conjuntos de requisitos também únicos), desenvolvidos sob determinadas circunstâncias, para determinados clientes.

Nessa perspectiva, assume-se que a GR possui quatro fases (Identificação, Análise e Priorização, Especificação e Validação), sendo que as duas primeiras são as mais importantes, visto que determinam quais requisitos serão considerados no projeto, e com qual prioridade (BRAY, 2002). Essa mesma base teórica, a da engenharia de *software*, foi usada por Marx (2009) para desenvolver um método para a gestão de

requisitos de produtos sustentáveis. Algumas partes de tal método foram replicadas nesta pesquisa. Contudo, como a pesquisa de Marx (2009) foi baseada nas três dimensões da sustentabilidade, e em um caso de produto manufaturado e hipotético, foram necessárias consideráveis adaptações para sua utilização no contexto desta presente pesquisa.

O objetivo do artigo é propor um procedimento para a identificação e análise de requisitos ambientais no processo de projeto de empreendimentos de construção civil, tendo como suporte os conceitos da GR da engenharia de *software*. Tais procedimentos foram desenvolvidos a partir da revisão bibliográfica e de um estudo de caso de um empreendimento que possuía a sustentabilidade ambiental como elemento chave. Além disso, o trabalho apresenta outras contribuições como: (i) a elaboração de um documento de referência com recomendações ambientais provenientes dos sistemas de certificação e avaliação de edifícios, o qual pode contribuir na identificação e escolha de requisitos ambientais a serem considerados em um projeto, e (ii) uma forma de modelagem de requisitos, a qual permite visualização gráfica da evolução dos mesmos e das suas inter-relações.

## **2. A DIMENSÃO AMBIENTAL DA SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE PROJETO**

Segundo Zambrano (2008), as primeiras evoluções importantes, em um nível global, da construção civil na direção do desenvolvimento sustentável ocorreram com a ECO'92, quando foi amplamente discutida a problemática de que as atividades que envolvem a construção eram grandes contribuintes na degradação do meio ambiente. Até então prevaleciam abordagens como a arquitetura ambiental, cuja preocupação era voltada à redução de impactos ambientais, pouco considerando questões sociais e econômicas envolvidas (ZAMBRANO, 2008). Foi a partir deste evento, que se sentiu a evolução mais expressiva de práticas de apoio ao projeto como parte das iniciativas para o cumprimento das metas ambientais estabelecidas na ECO'92 (SILVA; SILVA e AGOPYAN, 2003). Entre estas práticas estão os sistemas de avaliação e certificação ambiental, alguns deles descritos a seguir:

**HQE (2006) - França:** Segundo Hetzel *apud* Zambrano (2008), o HQE é um procedimento que busca melhorar a qualidade ambiental do ciclo de vida das edificações através da diminuição dos impactos ambientais provocados pela implantação de edifícios, resultantes de sua construção, uso e demolição. Assim, tem como principal objetivo auxiliar na concepção, produção e manutenção do edifício assumindo uma lista de condicionantes de projeto (ZAMBRANO, 2008). Além de oferecer diretrizes para o atendimento de requisitos ligados a aspectos ambientais, o HQE destaca também questões sociais. A critério de complementação foi revisado também o método ADDENDA® (ADDENDA, 2009; ZAMBRANO, 2008), o qual propõe recomendações para o atendimento das diretrizes do HQE.

**LEED® Green Building Rating System (2005) - Estados Unidos:** É um instrumento de avaliação ambiental de edifícios e, segundo o United States Green Building Council (USGBC), pode ser utilizado tanto como instrumento de certificação, como ferramenta de apoio no desenvolvimento de projetos orientados à dimensão ambiental da sustentabilidade devido ao seu formato de *checklist*. Possui uma sequência de pré-requisitos, que se desdobram em requisitos de projeto, e estes requisitos, por sua vez, se atendidos em conformidade podem proporcionar uma certificação (SILVA; SILVA e AGOPYAN, 2003). Seu formato, embora possa auxiliar no desenvolvimento do projeto, não chega a estabelecer um método para utilização e integração ao processo de projeto. O LEED® possui algumas variações, adaptáveis a cada tipo de edificação, e se propõe a melhorar o desempenho ambiental não somente de edifícios novos, mas também já existentes (USGBC, 2009). Direcionado ao atendimento de aspectos ambientais, pouco os coloca em paralelo a questões econômicas e sociais.

**CASBEE (2006) - Japão:** Segundo o *Institute for Building Environment and Energy Conservation* (IBEC, 2009) consiste em um método útil para a avaliação e classificação do desempenho ambiental das edificações, considerando a qualidade do projeto mediante aspectos como conforto interno e externo, uso de materiais e energia. Conforme Cole (2005), o CASBEE vai além de um simples somatório de pontos, pois suas orientações fazem uma distinção tanto quantitativa quanto

qualitativa dos itens de projeto que apresenta. Assim como o LEED®, é um sistema de difícil aplicação e integração ao processo de projeto.

**Índice de Sustentabilidade CNTL-SENAI (2008) - Brasil:** Foi desenvolvido por pesquisadores do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), ligado ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), em parceria com o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Rio Grande do Sul. É a mais recente tentativa de adaptação dos sistemas de avaliação internacionais para o contexto brasileiro. Através de uma comparação entre eles foi desenvolvida uma ferramenta em forma de *checklist* que atribui pontuações ao projeto de acordo com as medidas adotadas, emitindo, ao final, um conceito sobre o quão sustentável será o edifício (GORON; OLIVEIRA e TUBINO, 2009). Com a preocupação de oferecer uma ferramenta simples e acessível, se comparada aos sistemas internacionais (GORON; OLIVEIRA e TUBINO, 2009), pode ser considerada superficial por pouco aprofundar-se nos itens. Ainda, há a limitação de que o Brasil é um país de grandes variações não somente ambientais, mas também sócio-econômicas, assim, um formato genérico, como é o caso, deve passar por complementações regionais para ser efetivo (GORON; OLIVEIRA e TUBINO, 2009). Neste *checklist* é identificada a preocupação também com questões sócio-econômicas.

Através da revisão destes sistemas, entendeu-se que em todos os exemplos há uma preocupação em contribuir com o projeto de edifícios mais eficientes do ponto de vista ambiental. No entanto, aparte às vantagens e desvantagens de cada um deles, é necessário destacar novamente a falta de propostas consistentes para a integração dos sistemas ao processo de projeto, vinculando seus requisitos à gestão do processo de projeto e às estratégias das empresas. Uma contribuição relevante é o modelo de inserção vertical da sustentabilidade (Figura 01) proposta por Motta e Aguiar (2009). Esta pesquisa destaca a importância considerar os conceitos de sustentabilidade desde a idealização do empreendimento, para que a mesma seja introduzida e praticada de forma sistêmica em todos os processos da organização. Motta e Aguiar (2009) afirmam que, na prática, as iniciativas “verdes” são inseridas de forma horizontal no processo de projeto em um, ou alguns, níveis da Figura 01. Como exemplos de tais iniciativas citam-se o uso de telhados verdes,

fontes de energia alternativa, aproveitamento de água da chuva e a consideração tardia de requisitos legais. Contudo, apesar de relevantes, no formato horizontal, a inserção de iniciativas ambientalmente sustentáveis tem fraca atuação no processo de projeto como um todo, atingindo somente partes dos envolvidos e distante de promover uma mudança significativa na empresa e em seus resultados.

Desta forma, entende-se que o modelo de Motta e Aguiar (2009), apesar de sugestivo, é ainda o começo para a real integração da sustentabilidade no processo de projeto. Para que o conceito funcione efetivamente na prática é fundamental a proposição de métodos e ferramentas que auxiliem as empresas. É neste sentido que os pesquisadores entendem que alguns conceitos e práticas da GR, conforme constam a seguir, podem contribuir com soluções para o referido problema.

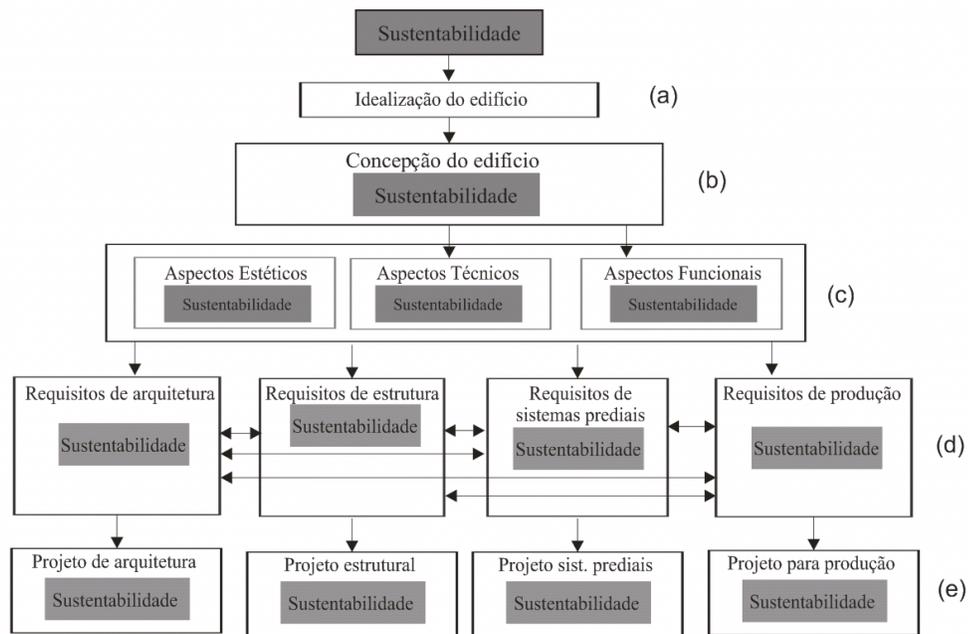


Figura 01: Inserção vertical da sustentabilidade  
Fonte: Adaptado de Motta e Aguiar (2009)

### 3. GESTÃO DE REQUISITOS (GR)

Enquanto uma abordagem que trouxe contribuições na organização e controle dos requisitos de projetos de outros setores (LEFFINGWELL e WIDRIG, 2000; BRAY, 2002; WIEGERS, 2003), a GR é vista nesta pesquisa como uma alternativa para solucionar algumas das dificuldades gerenciais do processo de projeto. Além de permitir o mais claro entendimento sobre dos requisitos resultantes das demandas

dos clientes (SOMMERVILLE, 2007), a GR possibilita o controle da mudança, através do rastreamento dos requisitos (SOMMERVILLE, 2007; WIEGERS, 2003), o que contribui com a geração de valor do produto final (HUOVILA, 2005; MIRON, 2002).

Na construção civil ainda se usa o termo *briefing* (BARRET e STANLEY, 1999; KAMARA; ANUMBA e EVBUOMWAN, 2002; SHEN et al, 2004; entre outros) para referir-se a práticas de GR, por vezes tácitas, que incidem no processo de projeto. O *brief* é um documento elaborado na iniciação do projeto, cuja função é determinar o que os clientes, e predominantemente o usuário final, esperam do produto (BARRET e STANLEY, 1999). No entanto, considerando que o processo de projeto é dinâmico e oportunamente alimentado por novas informações resultantes, por exemplo, de mudanças de escopo, gestão dos custos, planejamento da obra e até mesmo da iteração entre os projetos, os requisitos também mudam com o tempo. Por isso autores como Huovila (2005) asseguram que os requisitos devem ser acompanhados e controlados durante todo o processo de projeto. A GR é uma das formas para se fazer isto.

Para estudar a GR é preciso ter clara as definições e diferenças entre requisitos e soluções de projeto. Requisitos são funcionalidades que o sistema-produto ou serviço deve ter para satisfazer uma demanda ou para alcançar um objetivo emitido pelos clientes, qualificadas por condições mensuráveis e limitadas por restrições (PARVIAINEN; TIHINEN e VAN SOLINGEN, 2005). São transcrições técnicas das demandas (desejos, necessidades, restrições) dos clientes, termo que neste artigo é adotado para denominar todos os envolvidos no projeto. Já a solução de projeto é uma solução funcional (BRAY, 2002) que implica na decisão sobre como o requisito será atendido. Vide exemplos:

Requisito → A laje de cobertura da casa deve possuir um bom isolamento térmico.

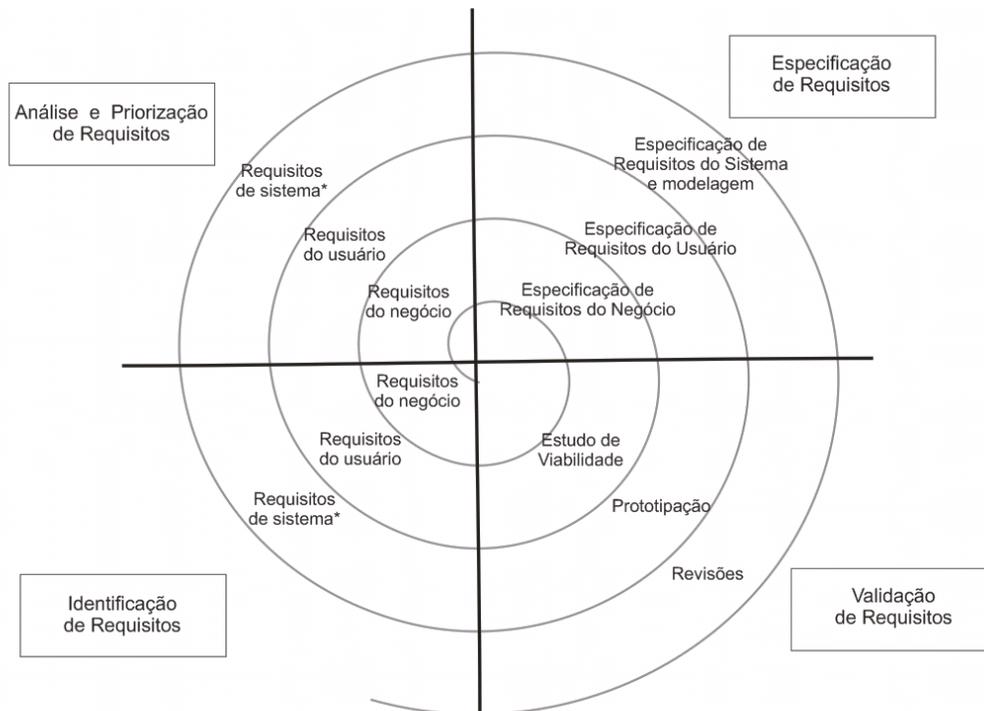
Solução → A laje de cobertura deve receber telhado verde.

Entende-se assim, que o requisito define “o que” o produto deve fazer e a solução de projeto define “como” deve fazer (MARX, 2009). No caso do exemplo acima, existem outras tecnologias que permitem o isolamento térmico de lajes de

cobertura, além dos telhados verdes. Um requisito pode ter mais de uma solução de projeto e, por isso, é preciso que estes dois tipos de informação sejam dissociados (MARX, 2009).

Tendo estas definições, parte-se para o esclarecimento de como os requisitos percorrem o processo de projeto. Sob a ótica dos autores da engenharia de software (LEFFINGWELL e WIDRIG, 2000; SOMMERVILLE, 2007; BRAY, 2002; WIEGERS, 2003), mesmo com algumas diferenças, são adotadas algumas etapas que, segundo Sommerville (2007), repetem-se ciclicamente durante o projeto (Figura 02). Nesta figura, cada ciclo corresponde a uma fase do projeto que está sendo desenvolvido. É importante destacar que, embora seja desejável que os requisitos percorram o ciclo sempre na mesma direção, passando ciclicamente pelas quatro etapas, é possível que existam retornos a etapas anteriores (SOMMERVILLE, 2007). Este retorno revela a relação iterativa entre as etapas, a qual neste caso é benéfica, uma vez que possibilita a reavaliação de decisões mal definidas.

O foco do artigo está nas atividades das etapas iniciais, identificação e análise dos requisitos ambientais do projeto. A identificação é, resumidamente, a fase de coleta e organização dos requisitos dos clientes para que a empresa possa perceber o que é esperado do produto (BRAY, 2002; SOMMERVILLE, 2007). Em um primeiro momento, é necessário que todos os clientes sejam ouvidos para a clara e completa identificação de suas demandas (SHEN et al., 2004). Alguns mecanismos para realizar a coleta destas informações são entrevistas, questionários, *brainstorming*, análise documental, *workshops*, observação e análise conjunta (BRAY, 2002). Posteriormente, deve ser feita a tradução das demandas captadas no formato de requisitos para uma maior garantia de que toda a equipe de desenvolvimento irá interpretá-la da mesma forma (SOMMERVILLE, 2007). Neste aspecto, tanto autores da construção (KAMARA, ANUMBA e EVBUOMWAN, 2002), como da engenharia de *software* (YOUNG, 2003) sugerem uma forma específica de escrever um requisito, utilizando o verbo “dever” como interligação entre quem deve fazer o quê. Exemplo: quando necessitar plantio, o projeto paisagístico deve especificar somente árvores de espécies nativas.



\* A palavra "sistema" refere-se ao produto final e é usada devido à área de origem da figura: Engenharia de Software.

**Figura 02: Modelo em espiral com as quatro etapas da GR**  
**Fonte: Adaptado de Sommerville (2007)**

Sommerville (2007) também alerta que podem existir algumas dificuldades na identificação dos requisitos nos ciclos iniciais da GR, tais como: alguns envolvidos ainda não sabem exatamente o que precisam ou desejam, problemas de comunicação, omissão de informações óbvias, limitações do produto mal definidas. Ainda, é importante ter em mente que para atingir os objetivos das empresas, primeiramente deve haver um esforço na investigação do porquê da existência do projeto (BRAY, 2000) através da identificação de requisitos estratégicos da empresa (MARX, 2009).

Para documentar as demandas coletadas e identificar os requisitos nelas embutidos, Marx (2009) sugere uma documentação sistemática, através de planilhas, que garante a organização e a rastreabilidade das informações. Esta autora também propõe a distribuição dos requisitos no formato da Figura 03 a partir do desdobramento das estratégias da empresa. Esta estruturação proporciona visibilidade aos envolvidos acerca das relações entre requisitos e do

alinhamento dos mesmos à estratégia da empresa. Além disso, é uma ferramenta que viabiliza a fase de análise da GR.

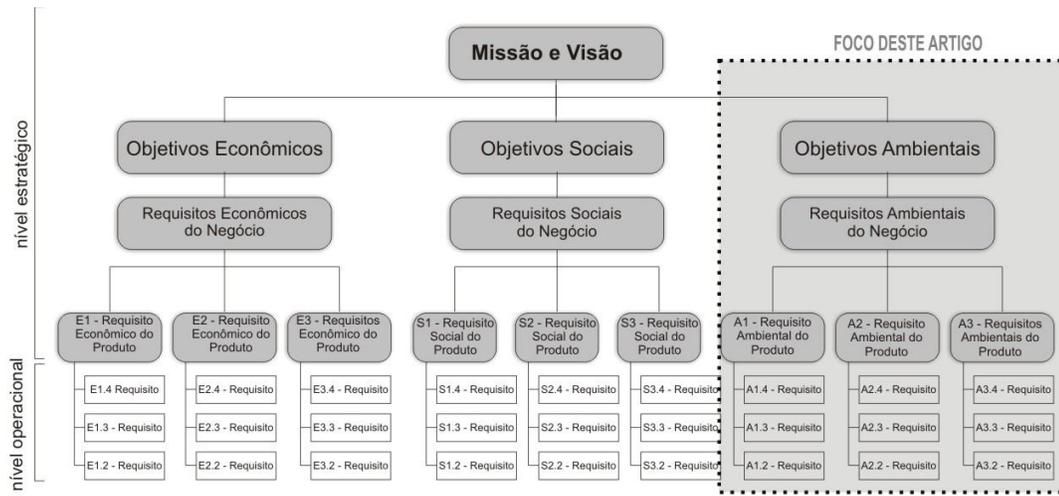


Figura 03 – Exemplo de estruturação dos requisitos de um produto sustentável  
Fonte: Adaptado de Marx (2009)

#### 4. MÉTODO DE PESQUISA

Além da revisão bibliográfica, a pesquisa foi realizada ao longo das seguintes etapas: (i) elaboração de uma lista de recomendações de requisitos ambientais, gerada a partir dos sistemas de avaliação revisados, (ii) levantamento de dados do estudo de caso (iii) identificação e análise dos requisitos ambientais. A lista gerada na etapa (i) foi importante por servir como uma fonte de dados para o estudo de caso. Quanto à fase (iii), é relevante explicitar que algumas atividades seguiram orientações de Marx (2009), especificamente aquelas relacionadas à identificação dos requisitos ambientais e alinhamento dos mesmos com a estratégia da empresa A.

##### 4.1. ELABORAÇÃO DA LISTA DE RECOMENDAÇÕES DE REQUISITOS AMBIENTAIS

Com base na revisão dos sistemas de avaliação ambiental HQE, LEED®, CASBEE e CNTL foram elaboradas planilhas individuais com todas as orientações de projeto encontradas, ligadas à dimensão ambiental da sustentabilidade no projeto de edifícios. Após a análise dos sistemas citados, as recomendações encontradas foram compiladas em uma só lista, conforme a Figura 04.

1 LEED 2 HQE 3 CNTL 4 CASBEE	
Origem	Recomendações <small>Fontes: LEED®, CNTL, HQE, CASBEE</small>
4	A empresa deve identificar e criar um plano antes da intervenção a partir da identificação das características ambientais locais.
2, 3	O projeto deve utilizar oportunidades oferecidas não só pelo terreno, mas também pela localidade, contribuindo para a organização e trazendo benefícios para a parcela urbana.
2	A implantação do empreendimento deve primar pela permanência da vegetação existente.
1	O empreendimento não deve abranger áreas que, prioritariamente, deveriam ser destinadas a uso público.
1	O empreendimento deve ser implantado prioritariamente em áreas urbanas onde já exista infraestrutura.

**Figura 04: Extrato da lista de recomendações de requisitos ambientais**

Para realizar a compilação, algumas recomendações foram adaptadas de suas versões originais por um dos seguintes motivos: (i) estavam pouco claras, (ii) foram agrupadas com outra (s) por serem muito similares ou (iii) foram divididas por englobar assuntos que poderiam formar mais de uma recomendação. Devido a estas adaptações, foi usado um código para indicar o sistema de origem da informação e permitir a consulta das fontes originais. Foram resultantes 73 recomendações, as quais foram transcritas no formato de requisitos ambientais a serem considerados em um projeto de edificação.

Visto que um dos objetivos desta atividade foi elaborar um documento para consulta, as recomendações resultantes da revisão dos sistemas de avaliação ambiental de edifícios foram organizadas e categorizadas em nove grupos, quais sejam: (i) escolha do terreno e estudo de viabilidade de implantação, (ii) água e esgoto, (iii) energia, (iv) materiais e resíduos – fase de projeto, (v) materiais e resíduos – fase de obra, (vi) gestão do lixo, (vii) qualidade do ar, (viii) transporte e (ix) outros. Esta lista deve servir como referência ao início dos projetos, quando as empresas podem escolher, estrategicamente, quais requisitos ambientais irão atender. No caso específico do projeto do estudo de caso, que já estava em andamento, a leitura das recomendações ajudou a revelar requisitos ambientais que não estavam documentados.

#### **4.2. LEVANTAMENTO DE DADOS DO ESTUDO DE CASO**

O levantamento de dados teve 2 etapas:

**a)** Caracterização das empresas, caracterização do empreendimento e mapeamento do processo de projeto.

Com o objetivo de compreender o cenário no qual a pesquisa seria desenvolvida, nesta etapa duas principais fontes de dados foram utilizadas: análise documental (documentos do sistema de gestão e *websites* das empresas) e entrevistas semi-estruturadas. As entrevistas foram realizadas conjuntamente com o gerente do projeto e um de seus coordenadores, e as mesmas foram gravadas e transcritas para posterior análise. A primeira delas seguiu um roteiro de 8 perguntas que questionavam os objetivos e a estrutura das empresas, e 8 voltadas à identificação das principais características do empreendimento a ser estudado. Com as informações coletadas, acrescidas pela análise documental, foi compreendido o perfil das empresas (missão, visão, objetivos e valores), o escopo do empreendimento e foi esboçada a sequência de fases do processo de projeto do mesmo. Na entrevista seguinte, este esboço foi entregue aos mesmos entrevistados, os quais foram estimulados a completá-lo com informações complementares, quais sejam: descrição das partes envolvidas, principais atividades, e entradas e saídas de cada uma delas. Obteve-se, assim, a síntese do processo de projeto. Este passo é fundamental para que os requisitos, sejam ambientais ou não, possam ser adequadamente identificados.

**b)** Identificação dos requisitos ambientais envolvidos no projeto.

Nesta etapa, três tipos de fontes de dados foram utilizadas: análise documental e entrevistas semi-estruturadas, como fontes primárias, e a lista de recomendações resultante da revisão dos sistemas de certificação, como fonte secundária. A análise documental foi baseada na leitura do manual de diretrizes e códigos da empresa A, *brief* do projeto, plantas baixas e documentos destinados à Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul (FEPAM- RS). Durante as entrevistas (3 com o gerente do projeto, 2 com um dos coordenadores, 1 com o gerente de incorporação, 1 com o gerente de marketing, 1 com engenheira agrônoma responsável pelo projeto paisagístico e 2 com dois engenheiros da empresa responsável pelo licenciamento e consultoria ambiental) foram examinadas questões como que tipos de requisitos ambientais estavam envolvidos nas

atividades dos entrevistados, qual o impacto delas em tais atividades e no projeto, e quais as principais diferenças que este empreendimento possuía em relação a outros, mais tradicionais. A escolha destes profissionais foi feita para a obtenção de diferentes pontos de vista. O gerente de incorporação, por exemplo, deu contribuições em relação a questões estratégicas da incorporação do empreendimento, além de informações sobre toda a evolução do projeto, visto ter participado desde o princípio. A gerente de *marketing* contribuiu com uma visão sobre o mercado e estratégias de venda. A engenheira agrônoma proporcionou informações sobre os impactos do empreendimento na fauna, flora e solo, e os responsáveis pelo licenciamento ambiental, da mesma forma contribuíram, com informações sobre o meio ambiente, e também sobre questões legais e burocráticas envolvidas neste processo. Ao final das entrevistas, a lista de recomendações de requisitos ambientais foi apresentada aos entrevistados para que os mesmos apontassem os requisitos daquela lista que estavam presentes no projeto, mas que não haviam sido lembrados.

### **4.3. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS REQUISITOS AMBIENTAIS**

A identificação e análise dos requisitos ambientais do projeto foram realizadas em 7 etapas, explicadas a seguir. Algumas delas seguiram o método proposto por Marx (2009), tendo, porém, as adaptações ao cenário da pesquisa, conforme já mencionado. As planilhas propostas para a coleta e análise sistemática dos requisitos foram refinadas ao longo do estudo de caso, e, enquanto resultados da pesquisa, são indicadas como ferramentas úteis para GR de outros processos de projeto.

**a)** Identificação dos requisitos ambientais estratégicos: conforme sugerido na literatura, em um primeiro momento foi verificado nas declarações de missão, visão e valores da empresa que estava desenvolvendo o projeto, se existiam menções à dimensão ambiental da sustentabilidade. A presença destas intenções e de requisitos ambientais desde o planejamento estratégico da empresa é uma premissa para a adequada gestão dos requisitos ambientais. Uma vez identificadas, tais menções foram organizadas conforme indica a Figura 03, formando a base para a estruturação dos requisitos ambientais.

**b)** Identificação de demandas: o objetivo desta etapa foi identificar em meio aos dados coletados, demandas que pudessem originar requisitos ambientais. Para isto foi utilizada uma planilha (Figura 05), a qual conta com os seguintes campos:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2			Planilha de Entrada							
4			Parte I - Levantamento de demandas							
5			Nº do Documento de origem	Data	Quem identificou	Conteúdo Relevante	Demandas Identificadas	Envolvidos	Restrições ou riscos	Observações
7		01	10	23/7/09	Gerente 01	Xxxxxxxx	Yyyyyyy	a, b, c		
8		02	06	28/7/09	Gerente 02	Zzzzzzzz	Yyyyyyy	a, b, c		
9		03	06	5/8/09	Analista 02	Vwwwww	Mmmmm	a, d, f		
10		04								
11		05								

**Figura 05: Planilha de Entrada – Parte I**  
 Fonte: Adaptado de Marx (2009, p. 81)

- Nº do Documento de origem: número a partir de uma lista, na qual todos os documentos do projeto estão codificados. Estes documentos podem ser textos, figuras, plantas, planilhas, atas de reunião, entre outros.

- Data: data em que a demanda foi identificada

- Conteúdo relevante: contém o conteúdo relevante extraído do documento. Este campo é importante, pois como o seguinte já é suscetível a uma interpretação pessoal do indivíduo que identificou a informação, garante-se a possibilidade de retorno ao conteúdo original. Outra pessoa pode encontrar uma demanda diferente a partir do mesmo conteúdo.

- Demanda identificada: Descrição da demanda ambiental identificada no conteúdo relevante do documento.

- Envolvidos: Descrição das partes que estão relacionadas com o atendimento da demanda identificada.

- Restrições ou riscos: Caso se entenda que a demanda identificada restrinja alguma outra, ou traga algum tipo risco para o projeto.

**c)** Agrupamento das demandas ambientais: depois de identificadas, foi feita a verificação sobre a existência de demandas iguais, provenientes de diferentes documentos e envolvidos. Quando houve esta situação, foi feita uma sinalização da repetição tachando uma das demandas repetidas (célula G8 da Figura 06), permanecendo, porém, o número do documento da demanda tachada entre

parêntesis, junto com a que permaneceria (célula G7 da Figura 06). Desta forma, evitam-se requisitos duplicados, garantindo, contudo, o rastreamento até todas as suas fontes de origem.

**d)** Transcrição das demandas ambientais no formato de requisitos: após o agrupamento das demandas, foram ocultadas na planilha algumas colunas que aparecem na Figura 05 e acrescentadas as de “Requisitos” e “Soluções de Projeto” (Figura 06). Foi feita, então, a transcrição das demandas no formato de requisitos, ou seja, elas foram transformadas em funcionalidades a serem atendidas pelo projeto. A coluna de Soluções de Projeto também é importante, pois, é comum que demandas já tragam algumas soluções. Quando isto ocorre, é necessário extrair o requisito, conforme foi explicado na seção 3.

Planilha de Entrada							
Parte I - Levantamento de demandas					Parte II - Identificação dos requisitos		
Nº do Documento de origem	Demandas Identificadas	Stakeholders envolvidos	Restrições ou riscos	Observações	Requisitos	Soluções de Projeto	
01	10	Yyyyyyy (06)	a, b, c		10.1 Ooooooo (06) 10.2 Pppppppp (06)		
02	06	Yyyyyyy	a, b, c		-		
03	06	Mmmmmm	a, d, f		06.1 Frrrrrr		
04							
05							

Figura 06: Planilha de Entrada – Partes I e II  
Fonte: Adaptado de Marx (2009)

**e)** Verificação das características de qualidade dos requisitos, segundo o *checklist* da Figura 07, proposto por Marx (2009). Tendo um determinado requisito em mente, faz-se a leitura das características a seguir para que, caso o requisito não esteja conforme, sejam realizados ajustes no mesmo antes de prosseguir o projeto.

<b>Este requisito...</b>	
é necessário?	Se o sistema pode suprir as necessidades priorizadas sem este requisito, ele não é necessário e pode ser descartado.
é inteligível?	Se os leitores não compreendem o que o requisito significa, ele deve ser reescrito.
é exequível?	Se este requisito não pode ser implementado dentro do prazo e orçamento, ele não é viável e deve ser descartado

	ou analisado mais atentamente.
é testável/verificável?	Se a implementação deste requisito no sistema-produto não puder ser realizada por meio de um teste, deve ser definida outra forma de verificação.
é rastreável?	Se a fonte deste requisito e sua localização no sistema-produto não forem rastreáveis, o requisito deve ser analisado mais atentamente.
está alocado?	Se este requisito não estiver ancorado a algum componente do sistema-produto (processo, produto, materiais, tecnologia, etc.), ele não é necessário e pode ser descartado.
não é redundante?	Se este requisito for duplicado, ele deve ser integrado ao requisito pré-existente por meio da inclusão do seu código no final do texto, mantendo a rastreabilidade em relação a todas as fontes.
é prematuro?	Se este requisito impuser uma solução de projeto prematura, ele deve ser revisado ou reservado para consideração em fases mais tardias.

Figura 07: Lista de verificação da qualidade dos requisitos  
Fonte: Adaptado de Marx (2009)

**f)** Comparação entre os requisitos ambientais encontrados no projeto e a lista de recomendações formulada a partir dos sistemas de avaliação. Nesta etapa, após concluído o levantamento de dados do estudo de caso, os requisitos ambientais identificados foram cruzados com as recomendações obtidas previamente em uma matriz (Figura 08). Desta forma, pode-se elucidar qualitativamente quais recomendações estavam plenamente, ou parcialmente, atendidas pelo projeto.

	A	C	E	F	G	H	I	J
2	LEGENDA:			Requisitos do Projeto				
	1 - LEED			Requisito A	Requisito B	Requisito C	Requisito D	Requisito E
	2 - HQE	● Recomendação totalmente atendida						
	3 - CNTL	○ Recomendação parcialmente atendida						
	4 - CASBEE							
4	Origem	Recomendações						
5	4	Recomendação I			●			
6	2, 3	Recomendação II			●			
7	2	Recomendação III		○				
8	1	Recomendação IV					○	○
9	1	Recomendação V				●		

Figura 08: Matriz de comparação entre os requisitos ambientais encontrados no projeto e a lista de recomendações formulada a partir dos sistemas de avaliação  
Fonte: Elaborada pelos autores

**g)** Análise dos requisitos: durante a análise de dados buscou-se investigar como os requisitos ambientais evoluem ao longo do processo de projeto através de uma modelagem gráfica. Para isto, foram delimitados em uma figura espaços representando cada uma das fases do processo de projeto, cada espaço deve possuir uma cor, e neles os requisitos foram distribuídos seguindo três critérios: (i) a atribuição de cores a suas caixas de texto, indicando em que fase o requisito surgiu, (ii) o posicionamento da caixa de texto no espaço correspondente à fase na qual o requisito foi realmente considerado, e (iii) a indicação, através de setas, do desdobramento dos requisitos, partindo dos requisitos gerais (os estratégicos) para os mais específicos. Por meio desta modelagem, cujo exemplo está na seção de resultados, foi possível fazer a interpretação de tais desdobramentos e, principalmente, ter o entendimento sobre como estão atendidos os requisitos estratégicos previamente identificados. Requisitos estratégicos têm algumas características tais como: (i) são definidos pela diretoria e alta gerência, (ii) atuam como orientações gerais, de atendimento de longo prazo, (iii) destinam-se a todos os envolvidos com o projeto. A sugestão de uma estruturação gráfica dos requisitos é de Marx (2009), que no âmbito do seu trabalho os distribui de acordo com suas funções (por exemplo: requisitos de qualidade, desempenho, fim de vida). Contudo os critérios adotados na modelagem são diferentes, sob a justificativa de que de neste formato há uma melhor visualização da evolução e relações entre os requisitos ao longo das fases. Por fim, os resultados foram apresentados ao gerente do projeto para que o mesmo fizesse críticas e desse contribuições ao material antes da finalização da pesquisa.

## 5. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO AO ESTUDO DE CASO

### 5.1. ANÁLISE DA LISTA DE RECOMENDAÇÕES

Ao analisar criticamente os itens da lista de recomendações resultante da revisão de sistemas de avaliação ambiental de edifícios, um dos resultados que pode levar a conclusões sobre a mesma são os números da Figura 09. Em um primeiro plano, a contribuição relativa de cada grupo demonstra que a escolha da localização do empreendimento possui muitas implicações ambientais, as quais variam desde a adaptação às condições de vegetação e relevo até o impacto de trânsito. Estas implicações devem ser analisadas nas etapas iniciais do projeto, as quais são as mais determinantes em decisões estratégicas como definição do caráter do empreendimento. Portanto devem ser cuidadosamente estudadas.

Grupo	Nº de itens	Contribuição
Escolha do terreno e estudo de viabilidade de implantação	20	27,40%
Água e Esgoto	8	10,96%
Energia	9	12,32%
Materiais e Resíduos – Fase de Projeto	10	13,70%
Materiais e Resíduos – Fase de Obra	12	16,44%
Gestão do Lixo	3	4,11%
Qualidade do Ar	4	5,48%
Transporte	4	5,48%
Outros	3	4,11%

Figura 09: Grupos da lista de recomendações de requisitos ambientais

Em seguida, menciona-se a geração de resíduos, grupo que engloba desde a questão do reaproveitamento dos mesmos na obra, até a especificação de materiais com ciclo de vida renovável durante sua concepção. Destaca-se um aspecto levantado em todos os sistemas, de que durante o desenvolvimento do projeto, antes de iniciar a obra, os projetistas já devem preocupar-se em utilizar soluções de projeto que resultem em edificações mais eficientes e que causem menos impactos ambientais.

Um ponto relevante, em relação aos grupos de menor representação percentual, como gestão do lixo e transporte, é de que algumas de suas recomendações podem ser atendidas através de iniciativas simples, como a educação para a coleta seletiva. Se somadas, iniciativas como a exemplificada podem somar percentuais relevantes associados a baixos custos a curto prazo.

Por fim, é importante reiterar que esta lista tem caráter qualitativo e sua finalidade é sugerir oportunidades ao empreendedor e aos projetistas. Ela deve ser constantemente atualizada com novos itens, os quais podem ser também resultantes de experiências da própria empresa. Assim, haverá um documento atualizado disponível para orientá-la ambientalmente ainda durante a fase de concepção dos empreendimentos.

## **5.2. MAPEAMENTO DAS FASES DO PROCESSO DE PROJETO DO ESTUDO DE CASO**

O primeiro passo para o mapeamento do processo de projeto foi o entendimento acerca do ambiente onde estava sendo desenvolvido através da coleta de informações sobre as empresas envolvidas. O estudo de caso foi realizado em um empreendimento residencial de alto padrão, localizado no município de Eldorado do Sul, na região metropolitana de Porto Alegre. Parte da área das matrículas do terreno abrange uma Área de Preservação Permanente (APP), que são áreas protegidas de qualquer intervenção promotora de impactos ambientais negativos. O empreendimento, que na época do estudo de caso estava na fase de anteprojeto, é um condomínio horizontal, destinado ao público com interesses náuticos. A idealização do mesmo, que envolve definição dos seus objetivos estratégicos, foi feita pela empresa A (sede em São Paulo), a qual tinha experiência em outros empreendimentos semelhantes e apresentava uma orientação sustentável, nas 3 dimensões, explícita no seu planejamento estratégico. Esta orientação foi a principal justificativa da escolha de tal empresa, pois era fundamental que o empreendimento tivesse requisitos ambientais a serem considerados.

Durante a fase de aprovação nos órgãos governamentais, a empresa A necessitou de um parceiro, empresa B, construtora líder em empreendimentos de alto padrão no Rio Grande do Sul, que passou a ter um papel importante no gerenciamento do projeto. O objeto do estudo de caso é a estrutura condominial, pois o projeto das casas ainda não estava disponível no período da pesquisa. As casas serão construídas por profissionais contratados pelos moradores e deverão seguir o plano diretor estabelecido pelas empresas A e B, a fim de manter, entre outros

aspectos, as premissas ambientais do empreendimento, como baixos consumo energético e taxa de ocupação.

Com as informações das primeiras 2 entrevistas da etapa de levantamento de dados, em conjunto com o gerente do projeto e um dos coordenadores, foram compreendidas as principais características da empresa, do empreendimento e do seu processo de projeto, cuja síntese consta na Figura 10.

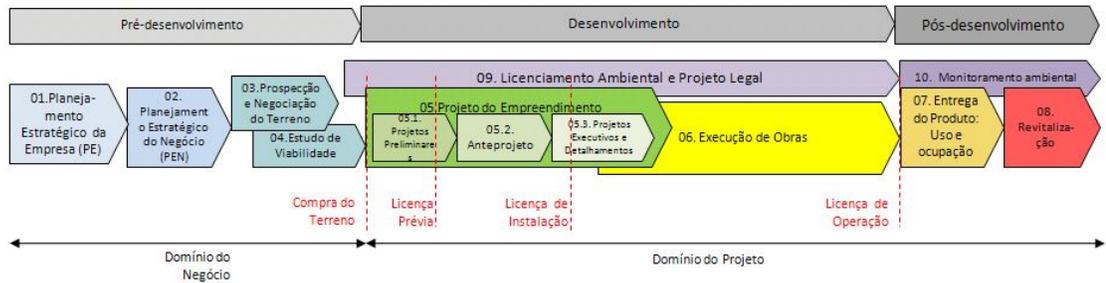


Figura 10: Fases do processo de projeto

Anteriormente aos primeiros estudos do projeto, foram também consideradas as fases de planejamento estratégico, pois as mesmas são importantes na determinação dos objetivos globais da empresa que, por sua vez, orientarão os projetos. As fases 03 e 04 foram consideradas sequenciais, devido à iteratividade entre elas, pois os estudos de viabilidade foram feitos de acordo com as opções de terreno que surgiam. Nestas fases foi também elaborado o plano do projeto, documento que define os principais objetivos estratégicos do projeto mediante um levantamento detalhado de informações sobre a área da implantação, como, por exemplo, a legislação aplicável e as limitações ambientais da região. Durante o estudo de caso, o empreendimento estava no final do anteprojeto.

Além das fases representadas na Figura 10, também foram descritos pelos entrevistados as principais entradas, saídas, atividades e envolvidos de cada uma delas, o que foi muito importante para a escolha dos demais entrevistados e também para a realização da modelagem dos requisitos ambientais, a qual será apresentada na seção 4.5. Ainda, é importante observar que os principais marcos do processo de projeto estão ligados ao licenciamento ambiental, pois algumas ações, como o início da obra e a ocupação pelos moradores, dependem da liberação das licenças. A Licença Prévia, por exemplo, exigiu uma série de obrigações legais e

atendimentos de requisitos ambientais, os quais foram gradativamente sendo atendidos até que fosse liberada a Licença de Instalação. Ao longo das próximas seções serão esclarecidas algumas implicações que a existência do elevado número de requisitos ambientais promoveu no processo de projeto.

### **5.3. IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS AMBIENTAIS**

Através da análise de documentos da empresa A, foram identificadas as declarações de missão, visão, e as políticas ambientais da empresa com o intuito de formar uma base sólida para a estruturação dos requisitos ambientais do projeto. Além de as intenções em empenhar-se com o desenvolvimento sustentável estarem claramente explícitas nestas declarações, foram encontradas três políticas focadas na dimensão ambiental: (i) promover a conscientização ambiental de todas as partes envolvidas, (ii) reduzir os impactos ambientais negativos provenientes da construção e do uso de edifícios e (iii) ir além do cumprimento das leis, regulamentações e normas técnicas. Estas políticas orientam todo e qualquer projeto da empresa e formam a base para a organização dos requisitos ambientais.

Partindo para o projeto específico do estudo de caso, ao longo das entrevistas e da análise documental, foi possível identificar uma série de demandas, as quais foram sistematicamente analisadas e organizadas, conforme explicado no método de pesquisa. Este procedimento foi importante, pois o estudo atento dos dados coletados e seus desdobramentos até o formato de requisitos permitiu aos pesquisadores um entendimento claro acerca das questões ambientais envolvidas no projeto.

Percebeu-se também a grande quantidade de requisitos legais, os quais representam 58% do total, devido ao porte e localização do empreendimento. Este aspecto significou dificuldades no processo de projeto, pelo fato de a legislação aplicável ter sido frequentemente confusa, ambígua, e o próprio município de Eldorado do Sul, não estar preparado para legislar sobre este tipo de empreendimento. Estes fatos desencadearam um licenciamento ambiental longo, burocrático, que refletiu em inúmeros retrabalhos para as equipes envolvidas no projeto. Por outro lado, o processo representou expressivo aprendizado aos

envolvidos, de forma que tanto as empresas quanto a FEPAM-RS utilizarão seu licenciamento como modelo para projetos futuros.

Outro aspecto relevante quanto à origem dos requisitos ambientais é o forte envolvimento da empresa A com suas políticas ambientais. Este envolvimento trouxe ao projeto requisitos, por vezes, mais restritivos e soluções de projeto mais rigorosas do que os exigidos pela própria FEPAM-RS. A FEPAM-RS, por exemplo, permite a retirada de exemplares de algumas espécies de árvores. No entanto, a empresa A, após realizar análise da cobertura vegetal, determinou que alguns exemplares não deveriam ser removidos devido ao seu porte e bom estado fitossanitário. Durante todas as entrevistas foi notória a disseminação das políticas ambientais da empresa A nas equipes envolvidas, o que visivelmente resultou em um entendimento e comprometimento com os requisitos ambientais do projeto. Este parece ser um exemplo real de inserção vertical da sustentabilidade (MOTTA E AGUILAR, 2009) e uma implicância importante deste modelo, destacada pelo gerente do projeto, é a necessidade de treinamento e capacitação de todas as pessoas envolvidas, desde projetistas até fornecedores e trabalhadores da obra.

No que tange a definição relacionada à diferenciação entre requisitos e soluções de projeto, 52% das informações contidas nas demandas já vieram no formato de soluções de projeto. Analisando os prós e contras deste resultado, entende-se que, pelo lado negativo, a emissão direta de uma solução de projeto, sem antes ser entendido o requisito, reduz as chances de haver a busca de outras alternativas de solução, as quais podem ser melhores do que uma primeira. Contudo, há o lado positivo, que consiste na existência de decisões de projeto, é importante que os clientes emitam possíveis soluções a seus requisitos para a continuidade e evolução do projeto. Os pesquisadores entendem que, de uma forma geral, a emissão de soluções de projeto é benéfica, mas que deve ser feito um esforço para identificação do requisito. Uma vez que o requisito foi identificado e documentado, passa a existir uma garantia de que, caso exista uma alteração ou descarte da solução de projeto, o requisito não será descartado junto dela. Assim, para realizar a modelagem, buscou-se os requisitos embutidos nas soluções, como no exemplo a seguir:

Solução encontrada: Deverá ser prevista uma estação de tratamento para o esgoto doméstico gerado no condomínio.

Requisito identificado a partir da solução: Devem ser previstos mecanismos para a adequada disposição do esgoto doméstico gerado pelo condomínio.

Tendo os requisitos identificados, os mesmos foram avaliados segundo o *checklist* de qualidade da Figura 07. Ao todo foram identificados 60 requisitos ambientais, dos quais 21,7% foram identificados a partir dos dados coletados nas entrevistas; 36,3%, na análise documental e 42%, estavam presentes em ambas as fontes. Estes resultados são importantes por reforçarem a necessidade de haver mais de um tipo de fonte de evidência, para a complementação e validação de informações. Neste caso, foi verificada uma documentação consistente que trouxe boas contribuições na coleta de dados. Por outro lado, as informações das entrevistas foram importantes, por emitirem pequenas decisões não documentadas, e também porque as pessoas conseguiram expressar verbalmente informações ausentes nos documentos por serem consideradas óbvias, ou que ainda estavam em processo de formação. Estes últimos tipos de informação são exemplos que não podem ser excluídos da Planilha de Entrada (Figura 05), uma vez que, mesmo ainda não sendo requisitos claros, podem vir a originá-los. E requisitos consistentes precisam ser rastreáveis até sua origem.

#### **5.4 COMPARAÇÃO DOS REQUISITOS AMBIENTAIS COM A LISTA DE RECOMENDAÇÕES**

A próxima etapa foi comparar a Lista de Recomendações (Figura 04) com os requisitos ambientais identificados no estudo de caso em uma matriz, a exemplo da Figura 08. O resultado foi que 22% das recomendações estavam plenamente atendidas, 42% estavam parcialmente atendidas, 58% das diretrizes serão consideradas somente na construção das residências e 30% não estavam atendidas, mas destas, metade (15%) poderiam ser. A apresentação da Lista de Recomendações e da matriz com a comparação ao gerente do projeto e a um dos coordenadores além de oferecer os resultados supracitados, oportunizou a percepção de requisitos ambientais que não eram percebidos por não estarem visíveis ou documentados (5%), e a obtenção de novas idéias para projetos futuros.

Conclui-se que estes números confirmam o comprometimento da equipe com as premissas expressas nas políticas ambientais que guiam o projeto.

## **5.5 ANÁLISE DOS REQUISITOS AMBIENTAIS**

Tendo os requisitos ambientais do empreendimento identificados, partiu-se para o passo 02 da GR, Análise e Priorização, considerando, no entanto, que a priorização não será abordada neste artigo por estar ainda em estudo. Para isto, foi realizada a modelagem dos requisitos ambientais com a intenção de compreender como evoluíram ao longo das fases passadas e como foram atendidos os requisitos estratégicos.

Partiu-se da missão e visão da empresa A, orientadora do projeto, tendo no segundo nível as políticas ambientais da mesma, e, em um terceiro nível, 5 requisitos ambientais estratégicos do projeto, os quais foram identificados nas entrevistas e no *brief*. A seguir, os demais requisitos encontrados foram distribuídos ao longo das fases do projeto, que apesar de terem em algumas fases características simultâneas (fases 03 e 04 da Figura 10, por exemplo) foram representadas de forma sequencial para facilitar a distribuição. Seguindo os critérios de posicionamento descrito no método de pesquisa adquiriu-se a Figura 11, que é o retrato da evolução dos requisitos até a fase em que foi realizado o estudo de caso, a de anteprojeto.

Naturalmente, os requisitos mais gerais, emissores de funcionalidades que refletem em quase todos os projetos, ficaram posicionados nas fases iniciais. Já os mais específicos, por mais que, por vezes, tenham sido lembrados desde o início do projeto, foram somente resolvidos em fases posteriores. Este é o significado, por exemplo, das caixas de requisitos amarelas que estão fora da fase de Estudos Preliminares: estes requisitos foram identificados nos Estudos Preliminares, mas foram realmente considerados somente mais tarde. Os requisitos legais obrigatórios foram assinalados em negrito para que se tenha atenção especial sobre eles, visto que não podem ser excluídos.

Verificou-se também que o requisito estratégico B passou a ser atendido somente a partir da fase de Estudos Preliminares, pois diz respeito ao emprego de materiais e

equipamentos, diferentemente do requisito estratégico A que fala da localização do empreendimento e deve ser considerado desde a fase de Prospecção e Negociação do terreno. O requisito estratégico A possui mais desdobramentos, pela quantidade de setas, do que o requisito C. O número de setas convergentes em um determinado requisito estratégico é um forte indicativo de concentração de esforços em determinados pontos do projeto, porém, é preciso fazer uma interpretação sobre quais são estes requisitos, visto que, às vezes, poucos requisitos consistentes com boas soluções de projeto podem atender mais efetivamente a uma estratégia do que muitos requisitos mal definidos. Estas questões poderiam ser resolvidas se houvesse, por exemplo, uma forma de análise quantitativa, que avaliasse quais requisitos prioritários ou críticos.

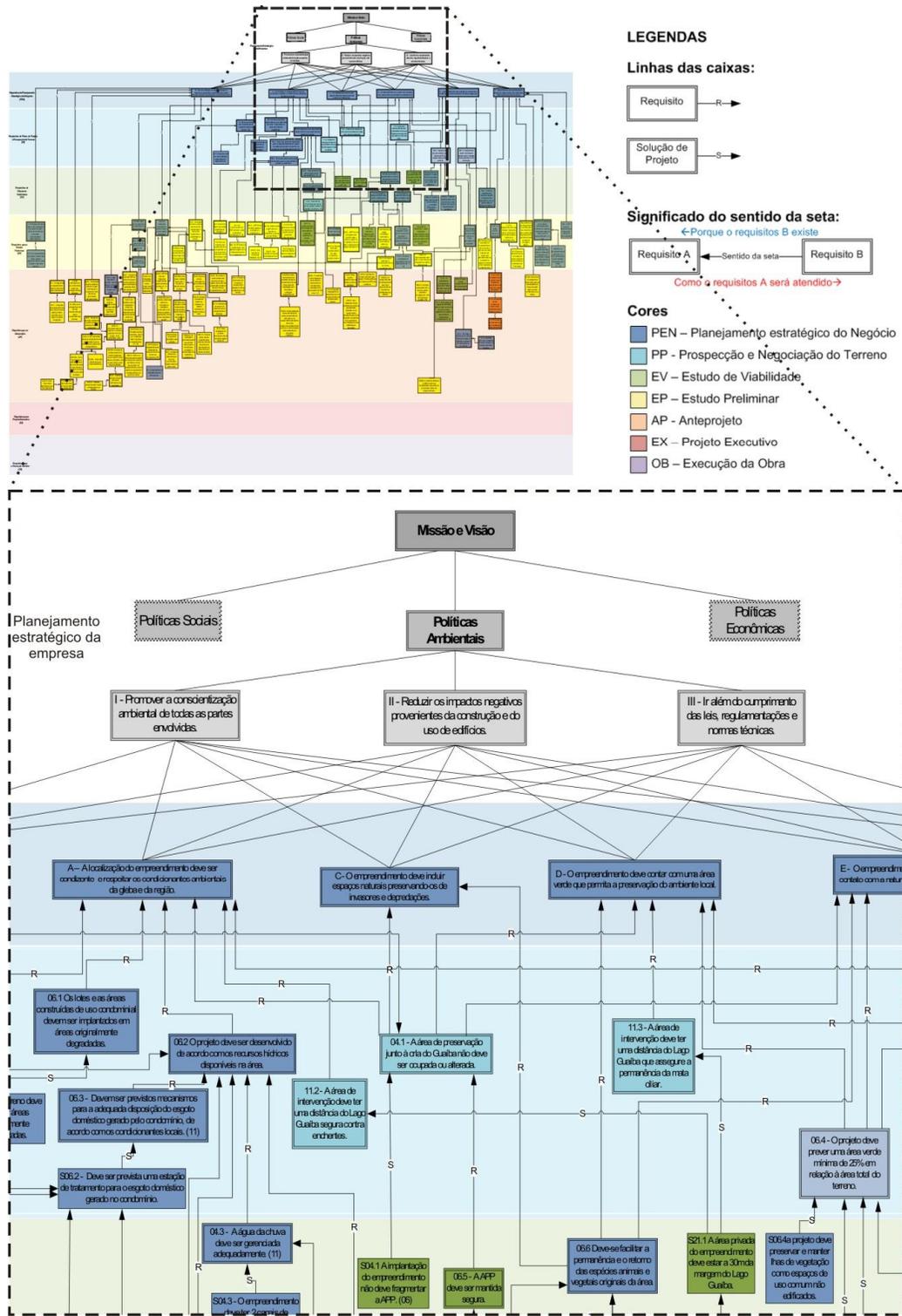


Figura 11: Modelagem dos requisitos ambientais do empreendimento. Disponível em: <https://docs.google.com/fileview?id=0B5SMZLxr6i5zZjE5MDFkOTMtOWU2Zi00YTcxLTgwNmQtMDIxzjQxNTA5M2Vm&hl=en>

Outra questão importante está relacionada à inclusão das soluções de projeto na modelagem (Figura 11). Isto é muito importante, uma vez que as soluções de

projeto originam novos requisitos. Por exemplo, uma vez que foi decidido que a solução de projeto para resolver o requisito de conforto térmico de uma laje de cobertura é o uso de telhado verde, esta decisão implica em novos requisitos, mais específicos e relacionados ao uso desta determinada tecnologia (tipo de impermeabilização, reforço na estrutura devido ao peso do solo, tipo de vegetação utilizada). Mantendo as soluções na estrutura, a rastreabilidade torna-se mais clara e explícita.

Esta estrutura evoluiu gradativamente a cada fase do processo de projeto, nas quais os requisitos passaram pelas quatro etapas do ciclo da GR e terá seu formato modificado ao longo das próximas fases, quando novos requisitos serão adicionados, ou excluídos, ou ainda alterados. O resultado da modelagem é, aparentemente, mais desorganizado do que a da Figura 03, pois se sabe que, na prática, os requisitos possuem muitas interfaces uns com os outros originando conexões menos rígidas. De uma forma geral, a visualização dos requisitos neste formato foi muito útil, pois permitiu a compreensão das relações entre os requisitos, o que facilitou a identificação do porquê de sua existência e também uma previsão dos impactos de uma eventual mudança. Ainda, os critérios para a estruturação da figura, poderiam ser modificados, organizando os requisitos ou os colorindo de acordo com os *stakeholders*, por exemplo. Estas modificações podem variar as possibilidades de análise, de acordo com os interesses.

## **6. CONCLUSÕES**

Com o estudo apresentado, concluiu-se que, realizando os procedimentos descritos para identificação e análise dos requisitos, a GR pode ser uma alternativa viável para a integração dos requisitos ambientais ao processo de projeto. A realização da modelagem dos requisitos conforme os critérios estabelecidos é uma forma adequada para tornar a evolução dos requisitos mais clara e pode contribuir para o atendimento dos requisitos ambientais estratégicos. Utilizando o procedimento proposto é possível visualizar uma série de interfaces e evitar situações de conflito ao longo do processo de projeto e possibilitar maior geração de valor. A modelagem dos requisitos, além de ser uma forma de organizá-los e permitir uma série de análises qualitativas, também demonstrou a importância de existir um

processo de projeto estruturado (fases, atividades, envolvidos, entradas e saídas definidos), o que, conclui-se, é uma premissa para a GR.

Por fim, a diferenciação entre requisitos e soluções de projeto, também trouxe contribuições ao trabalho ao esclarecer as diferenças e funções entre estes dois grupos de informação. E, corroborando os autores pesquisados durante a revisão teórica, entendeu-se é essencial que a empresa que deseja gerenciar adequadamente seus requisitos ambientais, manifeste estas intenções explicitamente no seu planejamento estratégico. Isto facilita a disseminação, inserção e execução dos conceitos nos processos e atividades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. **NBR ISO 14001:2004 – Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para o uso**. Rio de Janeiro, 2004. 20p.

ADDENDA. Disponível em: <<http://www.addenda.fr>>. Acesso em: 12 jul. 2009.

BARRET, P.S; STANLEY, C.A. **Better construction briefing**. Blackwell Science ISBN 0-632-05102-7, 1999.

BRASIL, Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de jul. de 2002, seção1, p. 95-96.

BRAY, I.K. **An Introduction to Requirements Engineering**. Pearson Education Limited. UK. 2002.

IBEC-CASBEE – Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2009.

COLE, R.J. Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles. **Build Research & Information**, v.35, 2005.

GORON, L. S.; OLIVEIRA, J.M.; TUBINO, R.M.C. Índice de Sustentabilidade para a Construção Civil: Proposta de Check-List Nacional. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2009.

HQE. <<http://www.assohqe.org>>. Acesso em: 12 jul. 2009.

HUOVILA, P. **Organisation&Management**. Technical Research Centre of Finland, VTT, 2005.

JACOMIT, A. M.; GRANJA, A. D.; SILVA, V.G. Construções sustentáveis realmente precisam custar mais do que construções convencionais? In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2009, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: 2009.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. **Capturing Client Requirements in Construction Projects**; American Society of Civil Engineers. Thomas Telford Ltd., 2002.

KATS, G. H. **Green Building Costs and Financial Benefits**. Massachusetts, USA: Massachusetts Technology Collaborative, 2003b, 10p. Disponível em:

<<http://www.cap-e.com/ewebeditpro/items/O59F3481.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

LEFFINGWELL, D.; WIDRIG, D. **Managing Software Requirements: A Unified Approach**. 1<sup>st</sup> ed. Addison Wesley, 2000.

MARX, A. M. **Proposta de Método de GR para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

MELHADO, S.B. **Coordenação de projetos de edificações**. Escola Politécnica da USP. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MIRON, L. **Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). NORIE, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

MOTTA, S.R.F.; AGUILAR, M.T.P. Sustentabilidade e processos de projeto de edificações. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v.4, n.1, 2009. USP, São Paulo, 2009.

NEGREIROS, I. **Diretrizes para projetos de loteamentos urbanos considerando os métodos de avaliação ambiental**, 2009. Dissertação (Mestrado de Engenharia de Construção Civil e Urbana)- Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2009.

OTHMAN, A.A.E.; Corporate Social Responsibility of Architectural Design Firms Towards a Sustainable Built Environment in South Africa. **Architectural Engineering and Design Management**, UK, v. 5, n.1-2, 2009.

PARVIAINEN, P.; TIHINEN, M.; VAN SOLINGEN, R. Requirements engineering: dealing with the complexity of Sociotechnical Systems Development. In: MATÉ, J. L.; SILVA, A. **Requirements engineering for sociotechnical systems**. Hershey: Information Science Publishing, 2005. cap. 2.

SENAI - Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/indexdesustentabilidade>>. Acesso em: 07 jul. 2009.

SHEN, Q.; LI H.; CHUNG, J.; HUI, P. A framework for identification and representation of client requirements in briefing process. **Construction management and economics**, v. 22, 2004.

SILVA, V. G; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.3, n.3, 2003. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. São Paulo: Perason Addion-Wesley, 2007.

USGBC - Disponível em: <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

WIEGERS, K.E. **Software Requirements**. 2 ed. Microsoft Press, 2003.

YOUNG, R. **The requirements engineering handbook**. Norwood: Artech House, 2003.

ZAMBRANO, L. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. Tese (Doutorado em Arquitetura). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.